

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУДНИЧНЫХ ВОД ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

А. Д. МИКОВ

(Представлена семинаром кафедры гидрогеологии)

В статье приводятся материалы по химизму рудничных вод золоторудных месторождений Центрального, Комсомольского, Берикульского и Натальевского в Кузнецком Алатау.

Первые три из указанных месторождений являются типичными жильными кварцево-сульфидными образованиями. Рудные тела их характеризуются, как правило, малой мощностью (0,1—1,0 м) при значительном протяжении (первые сотни метров) по падению и простиранию.

Вмещающими породами на Центральном месторождении являются гранодиориты, на Комсомольском — интрузия габбро и габбродиоритов. На Берикульском же месторождении большинство жил залегает в пределах толщи основных порфиритов. Приурочены жилы на месторождениях обычно к двум-трем системам трещин. Угол падения их изменяется от 5 до 75°. Преобладают жилы со средними и крутыми углами падения. Минералогический состав руд довольно сложен, хотя и не отличается значительным разнообразием. Жильные минералы представлены кварцем, кальцитом и анкеритом. Последние имеют резко подчиненное значение. Основные рудные минералы, количество которых обычно не превышает 10—15%, — пирит, арсенопирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и самородное золото. Причем резко преобладают из них пирит и арсенопирит. По ряду жил наблюдаются отклонения в минеральном составе. Так, жилы Кавказская (шх. Юбилейная), Уральская, Тумашевская Центрального месторождения характеризуются крайне низким содержанием арсенопирита, а жила Центральная этого же месторождения отличается крайним разнообразием рудных минералов. Дополнительно к указанным выше минералам в ней можно отметить присутствие блеклой руды, висмутина, кубанита, самородного серебра, люцонита, тетрадимита и др., хотя содержание их весьма ограничено.

Наиболее широким распространением в жилах пользуются пирит-арсенопиритовая и полиметаллическая минерализации. Часто они в пространстве совпадают. Распределение рудных минералов в плоскости жил неравномерное. Наряду с пустыми интервалами встречаются обогащенные участки — рудные столбы. Они имеют различные размеры и форму и обычно характеризуются довольно крутым склонением. Приурочены они, по мнению В. И. Баженова [2], к зонам повышенной трещиноватости.

На Натальевском месторождении рудные тела представлены линзами скарнов, размеры которых по простиранию и падению ограничиваются первыми десятками метров при мощности 4—10 м. Располагаются эти



рудные тела, как правило, в карбонатной толще. Наиболее широким распространением пользуются скарны диопсидо-тремолитового состава с наложенной на них золото-медно-висмутовой минерализацией. Рудные минералы — халькопирит, арсенопирит, пирит, борнит, пирротин, висмутин (из них резко преобладает халькопирит) располагаются в скарнах в виде вкрапленности, образуя иногда гнездообразные скопления размером до 0,5—1,0 м.

Зона окисления на всех указанных месторождениях выражена довольно ярко. Развитие окисленных руд в целом ограничивается глубиной 30—40 м, спускаясь в некоторых жилах до 70—85 м.

Наличие многочисленных нарушений, секущих рудные тела, а также приуроченность обогащенных участков жил к зонам повышенной трещиноватости, способствовали циркуляции подземных вод. Для нас наибольший интерес представляют рудничные воды. Формируются они при циркуляции вод в пределах рудного тела и главным образом по отработанным блокам.

На указанных выше месторождениях было отобрано 8 проб рудничных вод на общий химический анализ. Результаты этих анализов, частично дополненные данными других авторов, приведены в таблицах № 1 и 2. Для сравнения в этих же таблицах помещены анализы вод некоторых поверхностных водотоков.

На рис. 1 приведена диаграмма химического состава рудничных вод золоторудных месторождений Северной части Кузнецкого Алатау, Южного Урала и Северной Америки. Исходные данные для построения диаграммы приведены в таблицах № 3, 4, 5. Из приведенной диаграммы видно, что характер рудничных вод в золоторудных месторождениях

Таблица 1

Результаты химического анализа природных и рудничных вод м-ния Центрального

Ингредиенты		Места отбора и номер пробы							
		рч. Тага Кожух № 1	рч. Чир- ковка № 2	шх. Красная				шх. Юбилейная	
				гор. 53 м				гор. 87 м	
				№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	гор. 64 м № 9
pH	мг/л	7,3	6,3	6,9	6,7				6,9
	мг/л					5,4	11,3	38,0	2,3
	мг/л					13,8	19,5	57,2	14,4
	мг/л					1,6	1,0	4,0	1,1
	мг/л					15,4	16,3	0	3,9
	мг/л	0		0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
	мг/л	0	0	0	0				0
	мг/л			0	0				0
	мг/л	0	0,05	0,15	0,1				0,1
	мг/л			0					0
	мг/л					81,1	74,4	124,0	54,3
	мг/л	4,5	6,2	29,2	125,5	3,0	25,0	50,0	2,5
	мг/л	3,4	2,4	6,7	9,1	7,6	11,0	35,0	3,5
	мг/л					7,0	4,1	0,5	8,2
	мг/л					3,0	11,0	24,0	7,0
	мг/л					0	0	4,6	10,7

Примечание: пробы № 1—4, 9 приведены по данным лаборатории ЦНИИ Олово; № 5—8 отобраны автором.



Данные химического анализа природных и рудничных вод  
Комсомольского, Берикульского и Натальевского месторождений

Ингредиенты	Место отбора и номер пробы							
	пос. Ти- суль	р. Вос- кресека	руд. Ком- сомольск	руд. Ст. Бери- куль		руд. Натальевка		
	р. Ти- сулька № 10	№ 11	гор. 84 м № 12	восст. № 255 гл. 40 м № 13	гор. 134 м № 14	ш. Сле- пая № 2 гор. 450 м № 15	скв. № 94м гл. 35 № 16	сск. № 146 гл. 35 м № 17
pH	7,4	7,5	8,2	7,1	7,1	6,9	не определялись	
мг/л	4,4	3,4		нет	0,46	3,7	4,1	4,4
мг/л	40,7	62,5		34,0	140,0	75,0	64,1	69,7
мг/л	36,1	7,2		29,5	10,0	5,5	12,2	14,0
мг/л				2,0	1,0	2,0	0,1	0,1
мг/л							3,3	2,8
мг/л			24,0	195,0	195,0	159,0	106,2	103,5
мг/л	5,1	8,8	50,0	8,0	20,0	75,0	6,4	6,4
мг/л	2,5	9,2	2,1	7,0	14,0	7,0	2,8	1,5
мг/л							36,4	18,4
мг/л				17,6	17,6	8,8	15,4	17,6
мг/л							сл.	сл.

Примечание. Анализы № 10, 11 и 16, 17 по материалам Мартайгинской экспедиции № 12—15 отобраны автором; Анализы выполнены в гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического института.

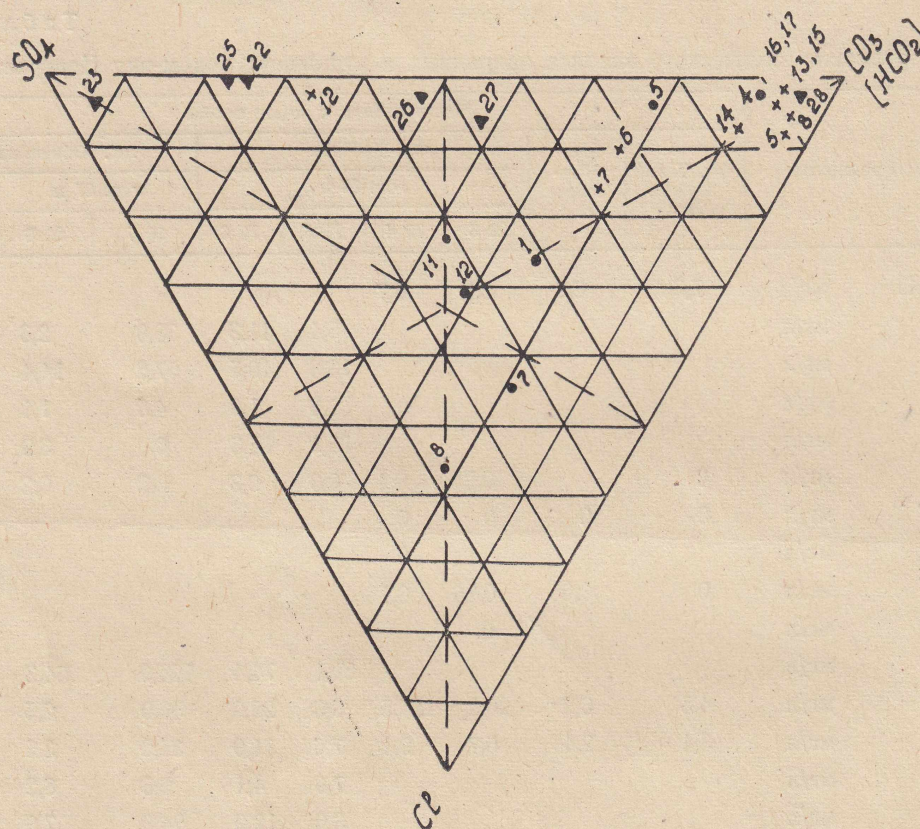


Рис. 1. Диаграмма химического состава рудничных вод золоторудных месторождений Северной части Кузнецкого Алатау (крестики), Южного Урала (кружки) и Северной Америки (треугольники)



Таблица 3

Содержание  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  и  $\text{HCO}_2$  в рудничных водах Северной части Кузнецкого Алатау

№ проб	Рудник, жила, шахта, горизонт	мг/л, %					
		$\text{SO}_4$	$\text{Cl}$	$\text{HCO}_2$	$\text{SO}_4$	$\text{Cl}$	$\text{HCO}_2$
5	Центральный, жила Центральная, гор. 53 м	3,0	7,6	81,1	3,2	8,3	88,5
6	Центральный, жила Иксая, гор. 53 м	25,0	11,0	74,4	22,7	10,0	67,3
7	Центральный, жила Казанская, гор. 87 м	50,2	35,0	124,0	23,4	16,6	60,0
8	Центральный, жила Промежуточная, гор. 87 м	2,5	3,5	54,3	4,2	5,8	90,0
12	Комсомольский, шахта 3, гор. 84 м	50,0	2,1	24,0	66,0	3,0	31,0
13	Берикуль, гор. 40 м	8,0	7,0	195,0	4,0	3,0	93,0
14	Берикуль, гор. 134 м	20,0	14,0	195,0	9,0	6,0	85,0
15	Берикуль, гор. 450 м	75,0	7,0	159,0	3,0	3,0	94,0
16	Натальевка, скв. 94, гл. 35 м	6,4	2,8	106,2	5,6	2,5	91,9
17	Натальевка, скв. 146, гл. 35 м	6,4	1,5	103,5	6,0	1,5	92,5
	среднее	24,6	9,2	111,6	17,0	6,3	76,7

Таблица 4

Содержание  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  и  $\text{CO}_3$  в рудничных водах Южного Урала по М. Н. Альбову [1]

№ проб	Рудник, шахта, горизонт	мг/л, %					
		$\text{SO}_4$	$\text{Cl}$	$\text{CO}_3$	$\text{SO}_4$	$\text{Cl}$	$\text{CO}_3$
1	Кочкарь, шахта Октябрь, гор. 150 м	207,0	218,0	390,0	25,5	26,7	47,8
4	Миасс, Ленинск, шахта 8, гор. 42 м	29,2	7,5	286,7	9,0	2,0	89,0
5	Миасс, Тыелга, шахта 3	81,5	14,1	273,3	22,0	4,0	74,0
7	Джетыгара, Кировск, шахта 6, гор. 82 м	93,8	226,0	189,1	18,5	45,0	36,5
8	Джетыгара, Кировск, шахта 6, гор. 120 м	217,7	584,0	210,4	21,5	57,6	20,9
11	Кумак, шахта Эркибай, гор. 40 м	343,0	230,0	355,0	37,0	24,8	38,2
12	Кумак, шахта 5, гор. 72 м	613,0	588,4	725,0	31,9	30,5	37,6
	среднее	226,2	267,0	347,0	27,0	31,8	41,2

этих регионов различен: для месторождений Северной Америки характерны существенно сульфатные, для месторождений Южного Урала — хлоридные, а для месторождений Кузнецкого Алатау — гидрокарбонатные воды.

Для определения содержания микрокомпонентов в рудничных водах было отобрано 39 проб воды. Большинство концентратов (25 штук) были получены соосаждением по методу ТПИ [4]. Остальные 14 проб методом выпаривания. Получение концентратов по двум разным методикам показало идентичность результатов анализов, но следует отметить, что при



Содержание  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$  и  $\text{CO}_3$  в рудничных водах Северной Америки по В. Эммонсу [5]

№ проб	Рудник, жила, штат, горизонт	мг/л, %					
		SO <sub>4</sub>	Cl	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	CO <sub>3</sub>
22	Рудник Сэвидж, жила Комсток, Невада, гор. 180 м	380,4	1,3	115,0	77,0	—	23,0
23	Шахта СиС, жила Комсток, Невада, гор. 700 м	474,0	19,0	20,5	92,0	4,0	4,0
25	Рудник Гульд и Керри, жилы Комсток, Невада, гор. 520 м	173,4	0,5	47,7	78,0	0,5	21,5
26	Штольня Хейль и Норкросс, жила Комсток, Невада	272,3	13,8	241,4	51,4	2,4	46,0
27	Рудник Гульд и Керри, жила Комсток, Невада, гор. 550 м	160,0	16,8	194,7	43,1	4,4	52,5
28	Рудник Федераль Лоан Калифорния, гор. 120 м	7,7	3,2	141,8	5,0	2,0	93,0
	среднее	244,6	9,1	126,8	64,0	2,5	33,5

Жила, горизонт, м	N проб	Элементы													
		Pb	Cu	Zn	Ag	Ni	Co	Sn	Mn	Ca	Na	Si	Al	Mg	Fe
Промежуточная, гор. 87 м	111														
Школьная, гор. 87 м	110														
Центральная, гор. 53 м	102														
Иксобая, гор. 53 м	101														
Иксобая, гор. 122 м	103														
Хазанская, гор. 87 м	113														
Л. Хазанская, гор. 87 м	112														
Л. Незавидная, гор. 87 м	115														
Новая, гор. 87 м	114														
Шахта Красная, гор. 87 м	105														
Кавказская, гор. 91 м	106														
Северная, гор. 64 м	107														
Лотерейная, гор. 64 м	108														
Алтайская, гор. 91 м	109														

Условные обозначения:

	>10%		0,1-1%		0,001-0,01%
	1-10%		0,01-0,1%		>0,001%, сл.

Рис. 2. Результаты спектрального анализа сухого остатка рудничных вод.

соосаждении получен более полный набор микрокомпонентов. Результаты спектрального анализа концентратов приведены на рис. 2 и 3. Из приведенных данных видно, что рудничные воды являются высоко минерализованными. Золото в пробах не обнаружено. Серебро присутствует в ряде проб, и содержание его колеблется от сл. до 0,00 п%. Медь, свинец и цинк отмечены почти во всех пробах в количестве от 0,000п до 0,п%. Необходимо отметить присутствие почти во всех пробах никеля, марганца, мышьяка, стронция и некоторых других элементов. В целом состав элементов в рудничных водах отвечает их содержанию в рудах и вмещающих породах. Как показывают спектральные анализы, состав вод очень чутко реагирует на изменение состава первичных руд по той или иной жиле, что уже отмечалось автором [3] при описании современных минеральных новообразований месторождения Центрального, являющихся осадками рудничных вод. Так, например, по жиле Кавказской (шх. Юбилейная), Уральской и Тумашевской Центрального рудника отмечено пониженное содержание мышьяка по сравнению с жилами Центральной



Шахта, жила, горизонт, м	N проб	рН	Э л е м е н т ы														
			Pb	Ag	Sr	As	Zn	Ti	Cr	Ni	Ba	Mn	Cu	Zr	V	Jn	Co
Ц е н т р а л ь н ы й      р у д н и к																	
Шх. Красная гор. 87 м.	116	6,7															
Шх. Красная гор. 460 м.	136	7,1															
Шх. Юбилейная гор. 138 м.	135	7,1															
ж. Кавказская гор. 138 м.	117	6,7															
ж. Уральская гор. 95 м.	118	7,1															
ж. Тумашевская шт. №2	119	6,5															
К о м с о м о л ь с к и й      р у д н и к																	
Шх. №3, гор. 220 м.	127	7,4															
ж. Комсомольская гор. 54 м.	120	7,5															
ж. Комсомольская гор. 115 м.	124	7,5															
ж. Комсомольская гор. 115 м.	125	7,5															
ж. Комсомольская гор. 115 м.	121	7,3															
ж. Комсомольская гор. 220 м.	122	7,4															
ж. Комсомольская гор. 220 м.	123	7,4															
ж. №35, гор. 115 м.	128	7,5															
ж. №35, гор. 145 м.	126	7,5															
Б е р и к у л ь с к и й      р у д н и к																	
ж. Магистральная штольня	141	6,7															
Шх. Магистральная гор. №5	137	7,3															
Шх. №1 восст. 225 гл. 100 м.	138	7,3															
ж. №17 восст. 111 гл. 120 м.	139	7,3															
ж. №4 гор. №9	140	7,1															
ж. Прокопьевская гор. №9	142	7,1															
Н а т а л ь е в с к и й      р у д н и к																	
Шх. №1 гор. 84 м.	130	7,2															
Шх. №1 гор. 64 м.	131	7,1															
Шх. №1 гор. 64 м. (из скв.)	132	7,6															
Шх. №2 гор. 60 м.	133	7,0															

Рис. 3. Результаты спектрального анализа концентратов рудничных вод, полученных методом соосаждения ТПИ. Условные обозначения те же, что и на рис. 2



и др. (шх. Красной) одноименного месторождения, что увязывается с данными распределения арсенопирита в рудах этих жил.

Все исследованные рудничные воды характеризуются высокими значениями рН, равными 6,0—8,2, т. е. от слабо кислых до слабо щелочных. Это может быть объяснено тем, что рудничные воды отбирались в горных выработках, а при наличии маломощных рудных жил воды зоны окисления сильно разубоживаются и нейтрализуются водами вмещающих пород. В пределах рудного тела они должны иметь более низкое значение рН.

Так как ни в одном концентрате рудничных вод не было обнаружено признаков золота, в летний период 1962 года на руднике Центральном была отобрана большая проба воды в объеме 10 л. Проба взята на верхнем водоотливном горизонте (гор. 87 м) шахты Красной. Для осаждения благородного металла использовался метод сорбции его древесным углем [1]. В полученном осадке пробирным анализом было определено наличие следов золота.

Из приведенных материалов можно сделать некоторые выводы: 1. Исследованные рудничные воды по своему химическому составу являются гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридными. 2. Спектральный анализ концентратов рудничных вод установил присутствие в большинстве проб меди, свинца, цинка, мышьяка, а в ряде проб также серебра, кобальта, никеля и других элементов. 3. Микрокомпонентный состав вод по той или иной жиле отражает состав их первичных руд.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Альбов. Вторичная зональность золоторудных месторождений Урала. Госгеолтехиздат, 1960.
2. В. И. Баженов. Геология и структура Центрального рудного поля. Материалы научного семинара по изучению золоторудных месторождений Сибири. Из-во ТГУ, Томск, 1966.
3. А. Д. Миков. О современных минеральных новообразованиях в кварцево-сульфидных жилах месторождения Центрального. Известия ТПИ, т. 166, 1967.
4. П. А. Удодов, И. П. Онуфринок, Ю. С. Париков. Опыт гидрогеохимических исследований в Сибири. Госгеолтехиздат. М., 1962.
5. В. Эммонс. Вторичное обогащение рудных месторождений. ОНТИ, 1935.